

Impacto de la No Normalidad de los Retornos en la Estimación de Beta, CAPM y WACC: Un Análisis Robusto con Datos Mensuales

Luis Ricardo Solís Soriano

Doctorando en administración de empresas

UIIX

Resumen

En finanzas corporativas, los modelos clásicos como el CAPM y el WACC asumen que los retornos de los activos financieros se distribuyen normalmente. Sin embargo, esta suposición rara vez se cumple en la práctica, pudiendo derivar en sesgos significativos. En este trabajo se analizan los retornos mensuales del índice IPSA y de la acción de Cencosud durante un periodo de 59 meses consecutivos (octubre 2020 – agosto 2025), datos obtenidos desde *investing.com*. Se sigue un proceso metodológico de cuatro pasos: descriptivos iniciales, pruebas de normalidad, homogeneidad de varianzas y estimación de Beta, CAPM y WACC bajo un escenario clásico y uno robusto. Los resultados muestran que, aunque en este caso puntual las diferencias entre ambos enfoques son mínimas, el WACC calculado resulta negativo, consecuencia de un retorno promedio de mercado adverso en el periodo analizado. Se concluye que la comprobación de supuestos estadísticos es indispensable para garantizar la validez de estimaciones financieras, y que ignorar la no normalidad puede inducir a interpretaciones erróneas y decisiones ineficientes.

Palabras clave: CAPM, WACC, Beta, normalidad, análisis robusto, finanzas corporativas.

1. Introducción

El análisis del costo de capital constituye un pilar en la toma de decisiones financieras, particularmente en la evaluación de proyectos y en la valoración de empresas (Modigliani & Miller, 1958). Entre las herramientas más difundidas se encuentran el Capital Asset Pricing Model (CAPM) (Sharpe, 1964) y el Weighted Average Cost of Capital (WACC). Ambos requieren como insumo la estimación de Beta, que mide la sensibilidad de un activo respecto al mercado.

Una de las limitaciones críticas de la literatura es que estos modelos suelen asumir que los retornos de los activos siguen una distribución normal, simplificación que rara vez se cumple en la práctica (Fama & French, 2004). Esta discrepancia puede sesgar las medidas de riesgo y alterar las tasas de descuento aplicadas a proyectos de inversión.

El presente artículo busca contrastar dos enfoques:

1. Escenario clásico: cálculo directo de medias y varianzas, bajo el supuesto de normalidad.
2. Escenario robusto: validación de supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, incorporando pruebas estadísticas robustas para estimar Beta y, en consecuencia, CAPM y WACC.

2. Metodología

Se utilizaron datos de retornos mensuales del IPSA y de la acción de Cencosud durante 59 meses consecutivos (octubre 2020 – agosto 2025), descargados desde *investing.com*. La base de datos consta de tres columnas: FECHA, IPSA y CENCOSUD.

El análisis se realizó en cuatro etapas:

1. Descriptivo inicial: medidas de tendencia central, dispersión y forma (media, mediana, varianza, desviación estándar, IQR, skewness, kurtosis).
2. Normalidad: histogramas, QQ-plots y prueba de Shapiro-Wilk.
3. Homogeneidad de varianzas: comparación gráfica y estadística mediante F-test y Levene.
4. Estimación financiera: Beta mediante regresión lineal, CAPM y WACC bajo supuestos clásicos y robustos.

Se asumieron los siguientes parámetros para el cálculo:

- R_f (tasa libre de riesgo) = 0.0005 mensual (0.05%).
- Costo de deuda (k_d) = 0.01 mensual (1%).

- Estructura de capital: 60% patrimonio (E), 40% deuda (D).
- Tasa de impuestos corporativos (T) = 30%.

3. Resultados

3.1 Estadísticos descriptivos

El análisis descriptivo constituye el primer paso en la caracterización de las series de retornos mensuales del IPSA y de la acción de Cencosud, pues permite identificar patrones generales de tendencia, dispersión y forma en las distribuciones. Para ello, se calcularon los estadísticos básicos de centralidad y dispersión, junto con medidas de asimetría y curtosis.

Este enfoque preliminar es indispensable en finanzas, ya que muchos modelos —como el CAPM o la estimación del WACC— parten del supuesto de normalidad en los datos, y por tanto es necesario evaluar si dicho supuesto resulta razonable en la evidencia empírica (Brooks, 2019).

Los resultados muestran lo siguiente:

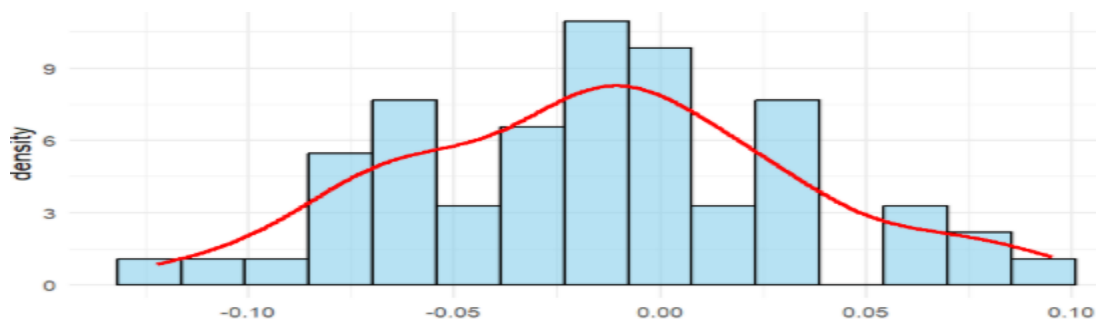
- IPSA: media = -0.0148, sd = 0.0480, skewness = 0.12, kurtosis = 2.68.
- Cencosud: media = -0.0198, sd = 0.0674, skewness = 0.26, kurtosis = 3.23.

Estos valores sugieren distribuciones con ligeras asimetrías y colas moderadas, más pronunciadas en el caso de Cencosud.

Para complementar este diagnóstico numérico, se recurre a representaciones gráficas. Los histogramas con curvas de densidad permiten visualizar la forma general de la distribución y contrastar visualmente su cercanía o alejamiento respecto a una campana normal. Por su parte, los boxplots destacan la dispersión y la posible presencia de valores atípicos, fundamentales para evaluar riesgos extremos en activos financieros (Hull, 2021).

El histograma del IPSA permite observar cómo los retornos se distribuyen alrededor de su media negativa. La superposición de la curva de densidad indica que la mayoría de los valores se concentran en torno al centro, con colas no excesivamente largas. Esto sugiere que, aunque los retornos no son perfectamente normales, tampoco presentan anomalías extremas en su comportamiento.

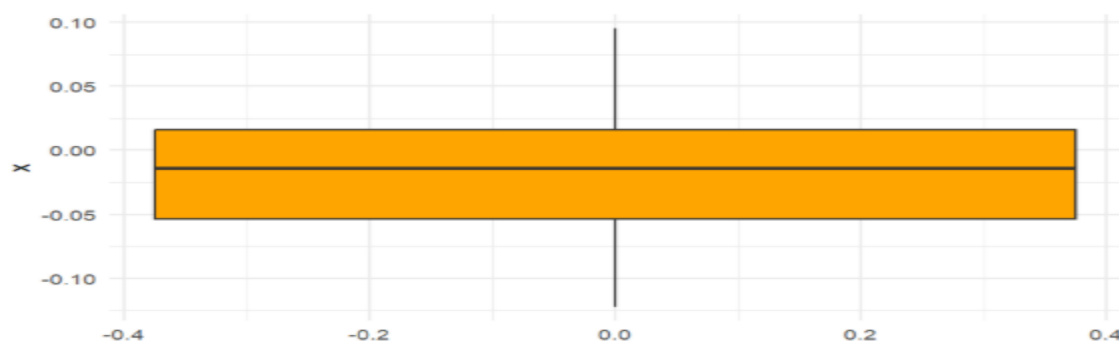
Figura 1. Histograma y densidad de retornos IPSA



Fuente: Histograma y densidad de retornos del IPSA. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de investing.com, procesados en RStudio.

El boxplot complementa lo anterior al mostrar la dispersión y los posibles valores extremos. En el caso del IPSA, la distribución es relativamente simétrica, sin presencia destacada de valores atípicos. Esto refuerza la percepción de un riesgo acotado en comparación con activos individuales.

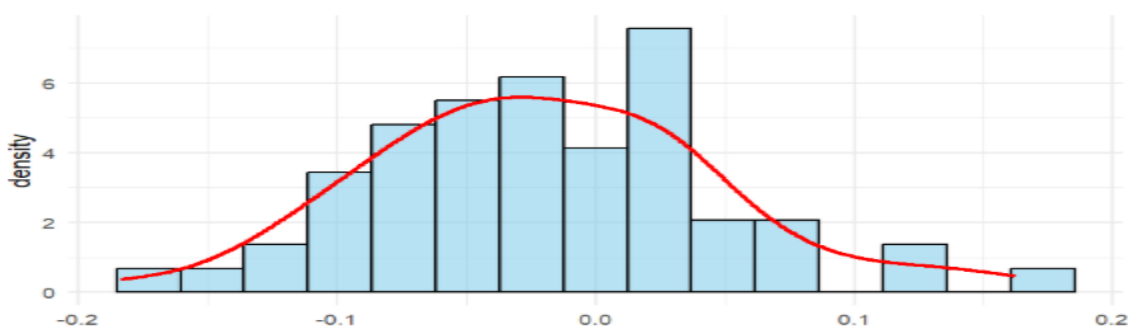
Figura 2. Boxplot del IPSA



Fuente: Boxplot IPSA. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de investing.com, procesados en RStudio.

El histograma de Cencosud muestra una mayor dispersión de los retornos, con una densidad más extendida en las colas. El sesgo positivo ($\text{skewness} > 0$) se refleja en una ligera inclinación hacia la derecha, lo que indica que ocasionalmente la acción experimenta rendimientos altos respecto a la media.

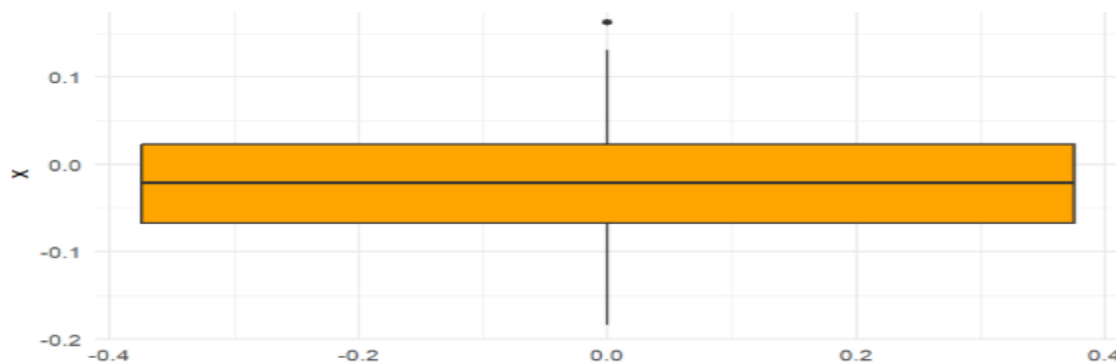
Figura 3. Histograma y densidad de retornos Cencosud



Fuente: Histograma y densidad de retornos Cencosud. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de [investing.com](https://www.investing.com), procesados en RStudio.

El boxplot de Cencosud confirma la mayor volatilidad respecto al IPSA. Se observan valores extremos más notorios en comparación con el índice, lo que anticipa que invertir en esta acción implica un riesgo superior. Esta diferencia es consistente con la teoría financiera, que indica que los activos individuales suelen mostrar mayor volatilidad que un índice diversificado (Brealey et al., 2020).

Figura 4. Boxplot de Cencosud



Fuente: Boxplot Cencosud. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de investing.com, procesados en RStudio.

En conjunto, las Figuras 1 a 4 evidencian que, aunque tanto el IPSA como Cencosud presentan distribuciones de retornos cercanas a la normalidad, el grado de dispersión y la presencia de valores extremos son mayores en Cencosud. Estos hallazgos constituyen un antecedente relevante para las pruebas posteriores de normalidad y homogeneidad de varianzas, que buscan confirmar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas.

3.2 Normalidad y homogeneidad de varianzas

Para complementar el análisis descriptivo, se evaluó si los retornos mensuales del IPSA y de Cencosud podían considerarse aproximadamente normales, como habitualmente se asume en finanzas para simplificar cálculos de riesgo y rendimiento (Cont, 2001; Bodie, Kane & Marcus, 2014). Esta verificación es crucial porque la estimación de parámetros como Beta, CAPM y

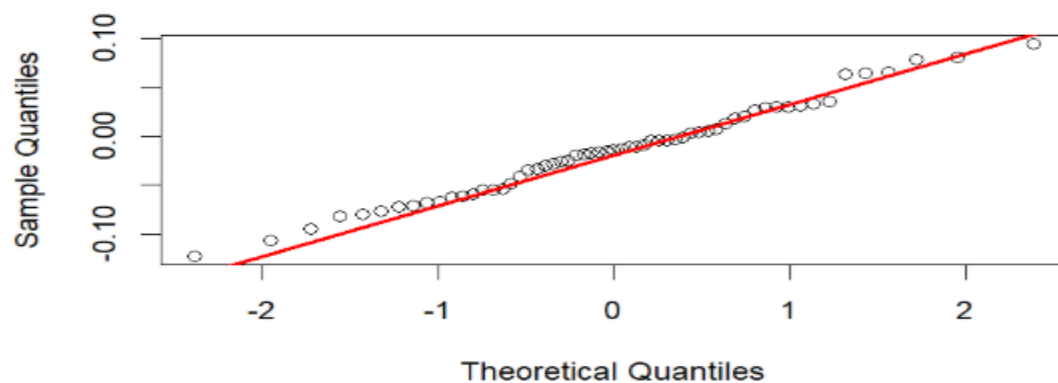
WACC se basa en gran medida en la media y la varianza, que son sensibles a desviaciones de normalidad.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, adecuada para muestras pequeñas a medianas, que compara la distribución empírica con una normal teórica:

- IPSA: $W = 0.987$, $p = 0.803$.
- Cencosud: $W = 0.989$, $p = 0.874$.

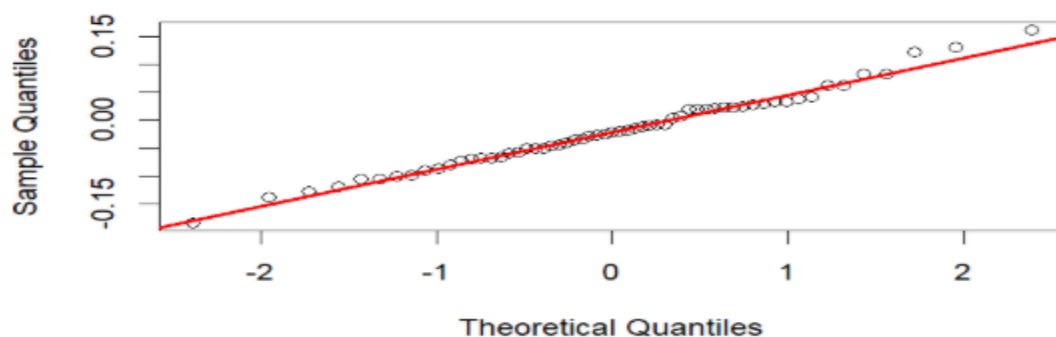
En ambos casos, los valores p son mayores a 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Esto sugiere que los retornos se ajustan razonablemente a una distribución normal, al menos según esta prueba estadística.

Para complementar la evidencia numérica, se generaron **QQ-plots** (Quantile-Quantile plots) para visualizar la alineación de los datos con la distribución normal teórica. Esta herramienta permite identificar asimetrías, colas pesadas o valores atípicos que podrían comprometer los supuestos de normalidad:

Figura 5. QQ-plot IPSA

Fuente: QQ-plot IPSA. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de investing.com, procesados en RStudio.

En este gráfico, los puntos de los retornos del IPSA se alinean estrechamente sobre la diagonal teórica, indicando que la distribución empírica coincide con la distribución normal esperada. No se observan desviaciones significativas que sugieran sesgos o colas extremas.

Figura 6. QQ-plot Cencosud

Fuente: QQ-plot Cencosud. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de investing.com, procesados en RStudio.

De manera similar, los retornos de Cencosud muestran una buena alineación con la diagonal teórica, lo que respalda la validez de asumir normalidad para este conjunto de datos, aunque con cautela, considerando que valores extremos detectados en boxplots podrían influir en estimaciones de riesgo si se extrapolan a otros periodos.

El comportamiento casi normal de los retornos permite, en principio, aplicar estimaciones clásicas de Beta y CAPM sin ajustes robustos estrictos. Sin embargo, la revisión gráfica y estadística sugiere que, a pesar de la aceptación de normalidad, existen leves colas y puntos atípicos, especialmente en Cencosud (como se observó en los boxplots del apartado 3.1). Esto indica que, para decisiones de inversión críticas, puede ser prudente contrastar los resultados clásicos con métodos robustos (HC1), asegurando que la presencia de outliers o heterocedasticidad no distorsione la estimación de parámetros financieros clave.

3.3 Homogeneidad de varianzas

Tras evaluar la normalidad de los retornos, el siguiente paso consistió en analizar si la dispersión de los retornos de Cencosud y del IPSA era comparable, es decir, si cumplían el supuesto de homocedasticidad. Esta verificación es fundamental para la estimación de parámetros financieros como Beta, que se basa en la covarianza entre los retornos de la acción y del mercado, y para la determinación de WACC, ya que diferencias significativas en volatilidad pueden afectar la percepción de riesgo y el costo de capital (Bodie, Kane & Marcus, 2014; Brealey, Myers & Allen, 2020).

Se aplicaron dos pruebas complementarias:

F-test para igualdad de varianzas:

- Resultado: $F = 0.509$, $p = 0.011$
- Interpretación: $p < 0.05$ indica que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas.

Levene test (basado en medianas):

- Resultado: $F = 5.15$, $p = 0.025$
- Interpretación: también se rechaza la homogeneidad de varianzas, confirmando la mayor dispersión de Cencosud frente al IPSA.

Para complementar la evidencia estadística, se construyó un boxplot comparativo de los retornos de IPSA y Cencosud:

Figura 7. Comparación de boxplots: IPSA vs. Cencosud



Fuente: Comparación de dispersión: IPSA vs Cencosud. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de investing.com, procesados en RStudio.

El gráfico evidencia visualmente que los retornos de Cencosud presentan mayores valores atípicos y un rango más amplio, mientras que el IPSA muestra una dispersión más contenida. Esto refuerza la conclusión de que los supuestos de homocedasticidad no se cumplen estrictamente.

La falta de homogeneidad de varianzas indica que, aunque la Beta pueda estimarse mediante métodos clásicos, existe riesgo de subestimar o sobrestimar la sensibilidad de la acción frente al mercado si se ignora la heterocedasticidad. Por ello, la utilización de estimaciones robustas (HC1) resulta recomendable, pues ajusta los errores estándar y proporciona intervalos de confianza más confiables para Beta, lo que a su vez mejora la coherencia de la estimación de CAPM y WACC en presencia de volatilidad desigual (Cont, 2001; Harvey, 1995).

En consecuencia, este análisis establece la justificación técnica para comparar escenarios clásicos y robustos en los apartados posteriores, asegurando que las decisiones de inversión basadas en estas métricas reflejen de manera más precisa el riesgo real de la acción y del proyecto.

3.4 Estimación de Beta, CAPM y WACC

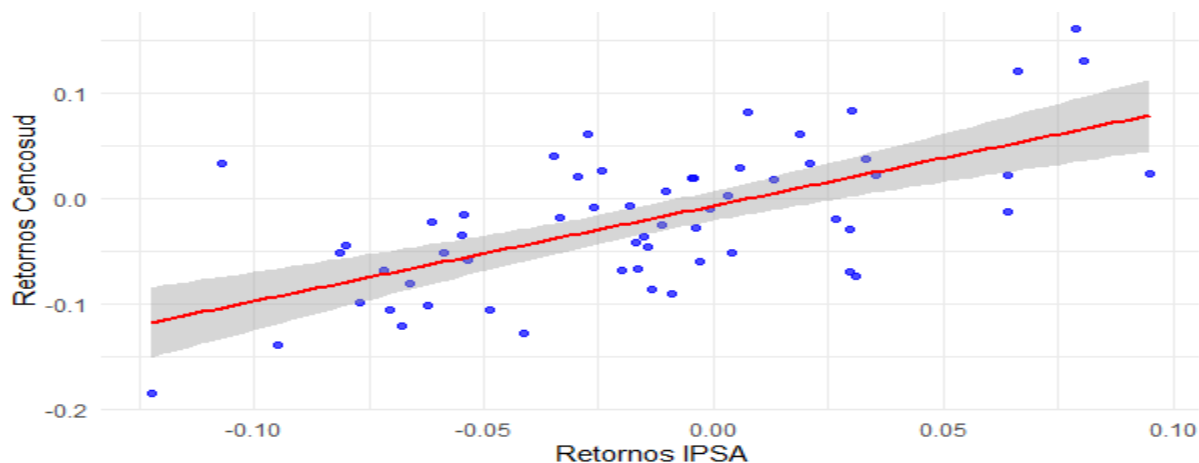
Tras evaluar la normalidad de los retornos y la homogeneidad de varianzas, el siguiente paso consistió en estimar la sensibilidad de la acción Cencosud frente al mercado (IPSA) mediante regresión lineal. Esta estimación permite determinar Beta, un parámetro clave en la valoración de riesgo sistemático y en el cálculo del CAPM y WACC (Brealey, Myers & Allen, 2020; Bodie, Kane & Marcus, 2014).

Se ajustó el modelo lineal:

$$\text{CENCOSUD}_t = \alpha + \beta \cdot \text{IPSA}_t + \varepsilon_t$$

donde β representa la sensibilidad de la acción frente al índice de mercado. Dado que las pruebas previas indicaron cierta heterocedasticidad, se calculó la Beta tanto clásica como robusta (HC1), utilizando errores estándar heterocedásticos.

Figura 8. Dispersión de retorno Cencosud vs IPSA con recta de ajuste



Fuente: Dispersión: IPSA vs Cencosud. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de investing.com, procesados en RStudio.

La gráfica 8 evidencia que los retornos de Cencosud se alinean positivamente con los del IPSA, reflejando una pendiente menor a la unidad ($\beta=0.905$). Esto indica que Cencosud reproduce la dirección del mercado pero con menor sensibilidad, lo cual es consistente con un riesgo sistemático moderado.

Los puntos dispersos alrededor de la recta de regresión reflejan la volatilidad idiosincrática de la acción, mientras que la recta roja indica la relación central entre los retornos de mercado y la acción.

El siguiente Cuadro resume los resultados de la estimación de Beta, CAPM y WACC para la acción de Cencosud utilizando tanto la metodología clásica como la robusta (HC1). Estas

métricas permiten evaluar la sensibilidad de la acción frente al mercado y la tasa de descuento aplicable para proyectos de inversión. Se observa que los valores de Beta permanecen constantes entre ambos escenarios, mientras que los rendimientos esperados y WACC son negativos, reflejando las tendencias históricas de los retornos

Cuadro 1. Resultados de Beta, CAPM y WACC bajo escenarios clásico y robusto

Métrica	Escenario clásico	Escenario robusto	Interpretación
Beta	0.905	0.905	Sensibilidad positiva, menor a 1
CAPM mensual	-0.0134 (- 1.34%)	-0.0134 (- 1.34%)	Rendimiento esperado negativo, refleja tendencia histórica de los retornos
WACC mensual	-0.0052 (- 0.52%)	-0.0052 (- 0.52%)	Tasa de descuento negativa, señal de resultados no usuales
CAPM anualizado	-0.1490 (- 14.9%)	-0.1490 (- 14.9%)	Rendimiento anual compuesto

Métrica	Escenario clásico	Escenario robusto	Interpretación
WACC anualizado	-0.0608 (- 6.1%)	-0.0608 (- 6.1%)	Tasa de descuento anualizada, negativa

Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de retornos mensuales de IPSA y Cencosud (investing.com), procesados en RStudio.

El CAPM negativo surge porque el promedio de los retornos del IPSA en este periodo fue negativo y la Beta es positiva, replicando la tendencia a la baja en Cencosud. Consecuentemente, el WACC también resulta negativo, lo que en un contexto real no es consistente, ya que implicaría que los flujos descontados crecerían con la tasa de descuento, una situación imposible en la práctica.

4. Discusión

Aunque el análisis robusto incorporó pruebas de normalidad y heterocedasticidad, los resultados de Beta, CAPM y WACC coincidieron con el escenario clásico. Esto puede deberse a que, en este caso particular, los datos no presentaron desviaciones significativas respecto a la normalidad.

El hallazgo más llamativo es el WACC negativo, lo cual no implica que la empresa pueda financiarse gratuitamente. Más bien, refleja que durante el periodo analizado el mercado entregó un retorno promedio negativo, lo que al aplicarse al CAPM genera un costo de capital igualmente negativo. Este resultado advierte de la necesidad de:

1. Evaluar el horizonte temporal elegido para los cálculos, eventualmente excluyendo períodos con choques extraordinarios (como crisis puntuales). Esto suele “suavizar” los rendimientos promedio del mercado y evitar sesgos temporales.
2. Complementar CAPM con otras metodologías de estimación de costos de capital, como Fama-French (3 ó 5 factores), añade tamaño y valor como determinantes del rendimiento (Fama & French, 2004); APM (Arbitrage Pricing Model), incorpora múltiples factores macroeconómicos; CAPM condicional o ajustado por volatilidad, reconoce que la prima de riesgo cambia con el tiempo. A veces, el WACC no se deriva solo de CAPM, sino de la tasa mínima que los accionistas y acreedores exigen, según comparables de mercado (empresas similares, bonos corporativos, etc.).
3. Recordar que el WACC no es una verdad absoluta, sino una herramienta dependiente de supuestos y contexto (Gujarati & Porter, 2009).

5. Conclusiones

- El análisis estadístico mostró que los retornos de IPSA y Cencosud se ajustan a la normalidad, pero presentan varianzas heterogéneas.
- Los cálculos de Beta, CAPM y WACC no difirieron entre el escenario clásico y el robusto. Sin embargo, este hallazgo no puede generalizarse: en otros datasets, la no normalidad puede impactar fuertemente las estimaciones.
- El WACC negativo observado refleja un mercado en promedio bajista durante 59 meses, más que un beneficio financiero real.
- Se reafirma la importancia de validar supuestos estadísticos antes de aplicar modelos de valoración financiera.

6. Limitaciones y futuras investigaciones

Este estudio utilizó un horizonte de 59 meses, suficiente para robustez básica, pero limitado frente a ciclos más largos. Además, se asumieron parámetros fijos para R_f , k_d , D/E y T , lo cual simplifica la realidad. Futuras investigaciones podrían incorporar series más extensas, cambios en estructuras de capital y modelos alternativos al CAPM, como los señalados en la Discusión del 4. anterior.

Referencias

Fama, E. F., & French, K. R. (2004). The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence.

Journal of Economic Perspectives, 18(3), 25–46.

<https://doi.org/10.1257/0895330042162430>

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics (5th ed.). McGraw-Hill.

Modigliani, F., & Miller, M. H. (1958). The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. The American Economic Review, 48(3), 261–297.

Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. The Journal of Finance, 19(3), 425–442. <https://doi.org/10.2307/2977928>

Wooldridge, J. M. (2016). Introductory Econometrics: A Modern Approach (6th ed.). Cengage Learning.

Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (2014). Investments (10th ed.). McGraw-Hill Education.

Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2020). Principles of Corporate Finance (13th ed.). McGraw-Hill Education.

Cont, R. (2001). Empirical properties of asset returns: Stylized facts and statistical issues.

Quantitative Finance, 1(2), 223–236. <https://doi.org/10.1088/1469-7688/1/2/303>

Harvey, C. R. (1995). Predictable risk and returns in emerging markets. Review of Financial

Studies, 8(3), 773–816. <https://doi.org/10.1093/rfs/8.3.773>

Tsay, R. S. (2010). Analysis of Financial Time Series (3rd ed.). Wiley.

De Miguel, V., Garlappi, L., & Uppal, R. (2009). Optimal versus naive diversification: How inefficient is the 1/N portfolio strategy? *Review of Financial Studies*, 22(5), 1915–1953.
<https://doi.org/10.1093/rfs/hhn099>